

## Wody termalne zbiornika mioceńskiego w środkowej części zapadliska przedkarpackiego

Antoni P. Barbacki\*

**Thermal waters of the Miocene reservoir in the central part of the Carpathian Foredeep (SE Poland).** Prz. Geol., 52: 979–984.

*Summary.* The paper presents results of analyses of the Miocene reservoir of geothermal waters in the central part of the Carpathian Foredeep between Cracow and Tarnów (S Poland). The study aimed at estimation of aquifers depth, temperature and mineralization of waters and locating potential zones for utilization of geothermal energy. Convenient conditions for this occur in the Carpathian overthrust zone and southeast of Dąbrowa Tarnowska.

**Key words:** Miocene reservoir, hydrogeothermy, Carpathian Foredeep

Na obszarze zapadliska przedkarpackiego znaczenie zbiornika mioceńskiego dla wykorzystania wód termalnych jest drugorzędne względem zbiorników starszych. Wynika to nie tylko z płytszego położenia poziomów wodonośnych ale również z generalnie niższych wartości parametrów zbiornikowych utworów miocenu. Korzystne warunki zbiornikowe występują jedynie lokalnie, głównie w strefie przykarpackiej, gdzie w obrębie ilasto-mułowcowych, nadewaporatowych osadów miocenu pojawiają się soczewkowane kompleksy piaskowcowe związane przezważnie z utworami górnego badenu i rzadziej sarmatu. Specyfika tych lokalnych zbiorników polega na znacznym zasoleniu i niedużych wydajnościach wód oraz ich ograniczonych rozmiarach. Trudność zdefiniowania stref zasilenia tych zbiorników wynika stąd, że posiadają one stropowe, spągowe i „boczne” uszczelnienie (ekranowanie) w postaci ilasto-mułowcowych utworów tej samej formacji nadewaporatowej. Głównymi drogami migracji płynów są przypuszczalnie trudne do identyfikacji strefy dyslokacji tektonicznych (uskoki, płaszczyzny nasunięć) przecinające kompleksy piaskowcowe. Płyny złożowe mogą być uwalniane również w wyniku kompaktacji ilastych osadów miocenu, które następnie migrują bezpośrednio do utworów piaskowcowych.

Wody termalne zbiornika mioceńskiego (baden górny-sarmat) wykazują temperatury dochodzące do 35°C a sporadycznie powyżej 50°C pod nasunięciem karpackim, silnie zróżnicowaną mineralizację od wody słodkiej do 220 g/l, których wydajności zwykle nie przekraczają 30 m<sup>3</sup>/h. W wielu otworach obserwowano zjawisko samowypływu wód. Oprócz piaskowcowych kompleksów górnego badenu i sarmatu, stwierdzono miejscami występowanie poziomu wodonośnego związanego ze zwiertzałą, erozyjną powierzchnią kontaktu miocen-kreda (m.in. rejon Proszowic) oraz miocen-flisz karpacki (rejon na południe od Tarnowa).

Lokalnie wodonośne są również podczwartorzędowe stropowe utwory miocenu w strefie nasunięcia karpackiego, gdzie z płytkich ujęć eksploatowana jest woda słodka dla celów konsumpcyjnych m.in. w rejonach Krakowa i Brzeska, ale o temperaturze nie przekraczającej kilkunastu stopni.

### Budowa geologiczna

Utwory mioceńskie zapadliska przedkarpackiego deponowały na podłożu, którego powierzchnia kształtowała się w trakcie kolizji kontynentalnej płyty euroazjatyckiej i mikroplaty panońskiej (Ney, 1976), a jego obecna struktura uformowała się w późnoalpejskim stadium kolizji (Oszczypko, 1996). Wcześniej, w okresie lądowym po kredzie górnej, obszar ten był intensywnie erodowany, co doprowadziło do jego znacznego zrównania. Efektem kolizji płyt na przełomie paleogenu i miocenu było fałdowanie i dźwiganie Karpat oraz powstanie basenu przedgórskiego, w którym osadzał się materiał pochodzący z Karpat i ich przedpola na północy. Osady dolnomioceńskie są głównie osadami lądowymi, natomiast osady badenu i sarmatu są pochodzenia morskiego (Ney i in., 1974). Na północ od linii nasunięcia karpackiego, osady miocenu należą do tektoniczno-facjalnej jednostki, tzw. miocenu autochtonicznego, zbudowanej z niesfałdowanych utworów morskich badenu i sarmatu, które przykrywają znaczny obszar południowej części niecki miechowskiej. Miocen autochtoniczny zanurza się pod Karpaty i kontynuuje się pod jednostkami miocenu sfałdowanego allochtonicznego: zgłobicką i stebnicką — przypuszczalnie, aż po pieniński pas skałkowy (Ney, 1968; Kotlarczyk, 1985).

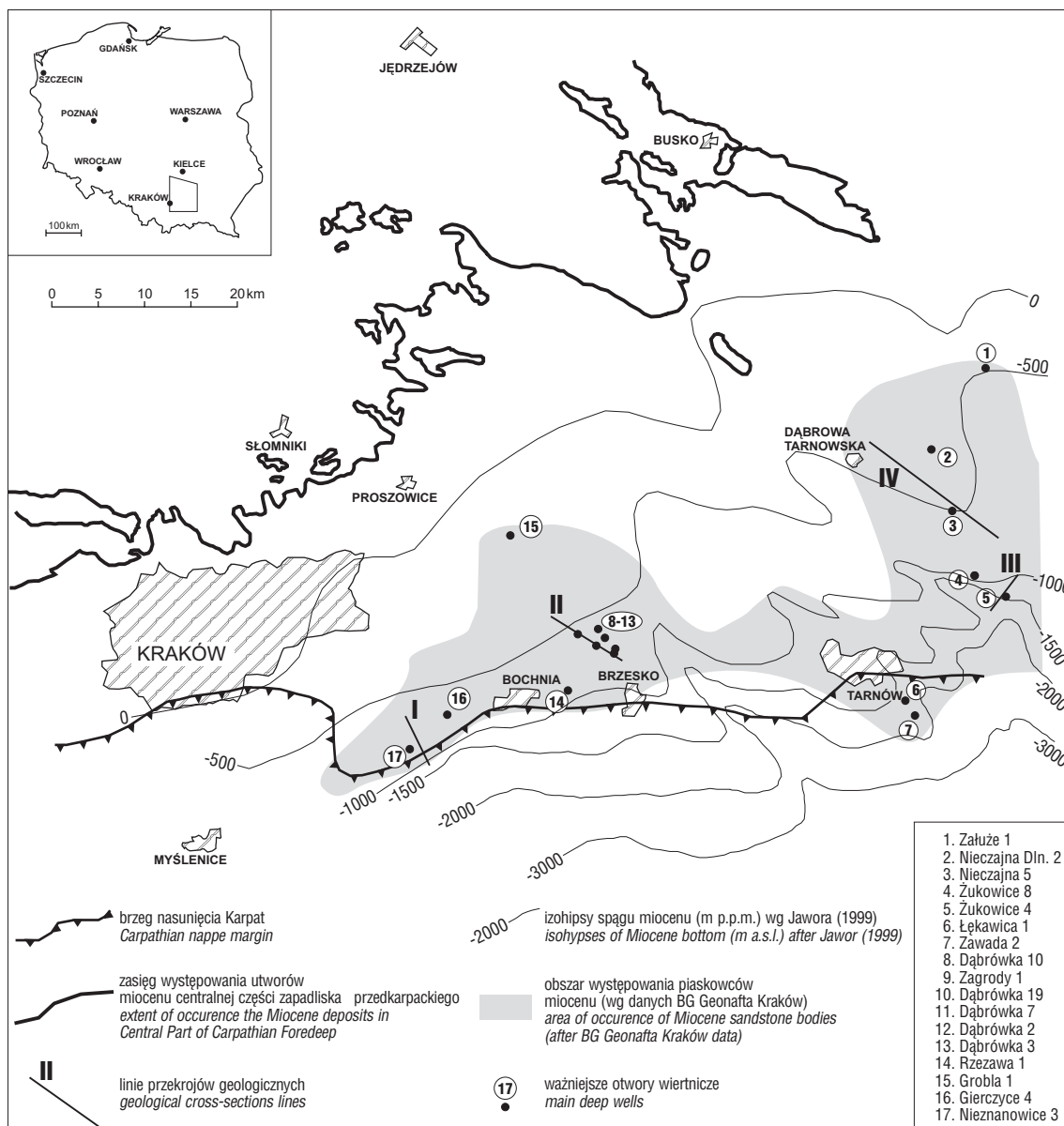
Na analizowanym obszarze oś subsydencji i sedymentacji zbiornika mioceńskiego progradowała w okresie badenu i sarmatu w kierunku północnym wraz z postępującym ruchem nasuwczym płaszczowin karpackich (Oszczypko, 1999). W efekcie, w profilach utworów miocenu obserwuje się wyraźną zmianę miąższości, od większej, bezpośrednio w strefie nasunięcia karpackiego do mniejszej na północy (Jawor, 1970; Konior, 1978).

Według tradycyjnego podziału utwory miocenu autochtonicznego (baden + sarmat) na obszarze zapadliska przedkarpackiego dzielą się na warstwy (Jawor, 1970):

□ *podewaporatowe (dolny baden)* — zbudowane z utworów ilastych, iłołupków, zlepieńców, osiagających miąższość kilkunastu metrów na północy obszaru i kilkadziesiąt metrów w części południowej (Gdów, Wojnicz);

□ *ewaporatowe (środkowy baden)* — zbudowane głównie z anhydrytu i soli, stanowiące końcowy efekt transgresji dolnobadeńskiej. Występują w dwóch facjach: anhydrytowej o miąższości ok. kilkunastu metrów w strefie Grobla–Niepołomice oraz solnej, na południu, wzdłuż linii nasunięcia karpackiego między Bochnią i Wieliczką.

\*Zakład Energii Odnawialnej, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, ul. Wybickiego 7, 30-950 Kraków 65, skr.poczt. 49; barbacki@min-pan.krakow.pl



**Ryc. 1.** Obszar występowania piaskowców w miocenie środkowej części zapadliska przedkarpackiego  
**Fig. 1.** Extent of the Miocene sandstone occurrence in the central part of the Carpathian Foredeep

Solne warstwy ewaporatowe w rejonie Bochni i Wieliczki to silnie sfałdowane, przesunięte ku północy utwory miocenu allochtonicznego, natomiast warstwy solne Kłaja, Szczepanowa, Grabi są autochtoniczne (Garlicki, 1968);

□ *nadewaporatowe (górný baden, sarmat)* reprezentowane przez serię ilasto-mułowcowo-piaszczystą, obejmującą warstwy chodenickie (wkładki piaskowców, łożce, łożupki) i wyżejległe warstwy grabowieckie (iły, piaskowce). Miąższość warstw nadewaporatowych w strefie nasunięcia karpacciego przekracza 1200 m, stopniowo zmniejsza się w kierunku północnym (Jawor, 1970). Profil utworów miocenu kończą osady sarmatu, piaskowcowe i piaski drobnoziarniste przeławicowane mułowcami.

Z punktu widzenia wodonośności najkorzystniej przedstawiają się warstwy nadewaporatowe (górný baden, sarmat) bezpośrednio w strefie nasunięcia karpacciego, w

obrębie których występują kompleksy piaszczyste o zróżnicowanej miąższości i zasięgu (ryc. 1). Pomimo, że spąg miocenu osiąga duże głębokości (ryc. 1), to piaszczyste kompleksy zbiornikowe występują stosunkowo płytko i charakteryzują je niewysokie temperatury wód. Przykładowo, powierzchnia spągowa miocenu w rejonie otworu Nieznanowice 3 znajduje się na głębokości ok. 1100 m (–900 m p.p.m.), jednak piaszczysty kompleks wodonośny zalega znacznie płycej bo w interwale 200–400 m (od 0 do –200 m p.p.m., ryc. 2).

#### Parametry hydrogeologiczne utworów mioceńskich

Profil miocenu nadewaporatowego składa się z utworów o zróżnicowanym procentowo udziale frakcji piaskowcowej. Dolna część tych utworów ma wyższą zawartość frakcji piaskowej i porowatość od 15 do 30%, natomiast część

górna większy udział frakcji mułowej i iłowej oraz niskie porowatości (Baran i in., 1999). Zmienność litologii, a tym samym zróżnicowanie właściwości zbiornikowych wiąże się ze środowiskiem sedymentacji tych utworów; są to

**Tabela 1. Wybrane parametry hydrogeotermalne wód i utworów miocenu na obszarze zapadliska przedkarpackiego (na podstawie danych PGNiG S.A. i analiz własnych)**

Tab.1. Selected hydrothermal parameters of the Miocene deposits and waters of the central part of the Carpathian Foredeep (based on data derived from OGEC and the author's own analyses)

Nr otworu wg Ryc. 1 No of Well after Fig. 1	Nazwa otworu Name of well	Poziom stratygraficzny i opróbowany interwał (m p.p.t.) Stratigraphy and tested interval (m b.s.)	Temperatury wód Water Temperature (°C)	Wielość przyływu Capacity (m <sup>3</sup> /h)	Mineralizacja Mineralization (g/l)	Parametry zbiornikowe Reservoir parameters		Moc*** termiczna otworu Thermic power of well (MW)
						porowatość średnia average porosity (%)	przepuszczalność średnia average permeability (mD)	
1.	Załuże 1	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (370–385)	20**	60,0	solanka <i>brine</i>	–	–	~1,0
2.	Nieczejna Dln. 2	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (150–440)	15**	14,0	woda słodka <i>fresh water</i>	–	–	0,2
			17**	4,0	38,0	–	–	0,06
3.	Nieczejna 5	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (204–627)	14**	samowypływ <i>free-outflow</i>	woda słodka <i>fresh water</i>	–	–	–
			20**	30,0	79,0	–	–	0,5
4.	Żukowice 8	baden górny <i>late badenian</i> (785–1150)	25–32**	57,0	8,0–84,0	–	–	1,45
5.	Żukowice 4	baden górny <i>late badenian</i> (780–830)	26**	4,0	15,0	–	–	0,1
6.	Łękawica 1	flisz <i>flysch</i> (50–300)	50 (!)	?	–	–	–	–
7.	Zawada 2	baden górny–flisz <i>late badenian–flysch</i> (1750–1775)	58	26,0	woda słodka <i>fresh water (!)</i>	–	–	1,6
8.	Dąbrówka 10	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (576–656)	22**	24,0	solanka <i>brine</i>	10,0	2,0	0,47
9.	Zagrody 1	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (585–610)	21**	24,0	70	6,0	1,0	0,45
10.	Dąbrówka 19	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (580–750)	20–25**	22,0	72–122	–	–	0,43
11.	Dąbrówka 7	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (576–602)	22**	18,0	solanka <i>brine</i>	15,0	200,0	0,35
12.	Dąbrówka 2	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (415–442)	20**	1,2*	9,4	–	–	–
13.	Dąbrówka 3	baden górny <i>late badenian</i> (470–498)	21**	0,25*	29,7	–	–	–
14.	Rzezawa 1	baden górny + sarmat <i>late badenian+ sarmatian</i> (610–620)	21**	samowypływ <i>free-outflow</i>	solanka <i>brine</i>	–	–	–
15.	Grobla 1	baden dolny <i>early badenian</i> (461–470)	20**	samowypływ <i>free-outflow</i>	solanka <i>brine</i>	9,0	–	–
16.	Gierczyce 4	baden dolny <i>early badenian</i> (435–965)	20–30**	25	solanka <i>brine</i>	–	–	0,73
17.	Nieznanowice 3	baden górny <i>early badenian</i> (310–445)	28–35 (!)	3,0	11,5	10,0	~6,0	0,11

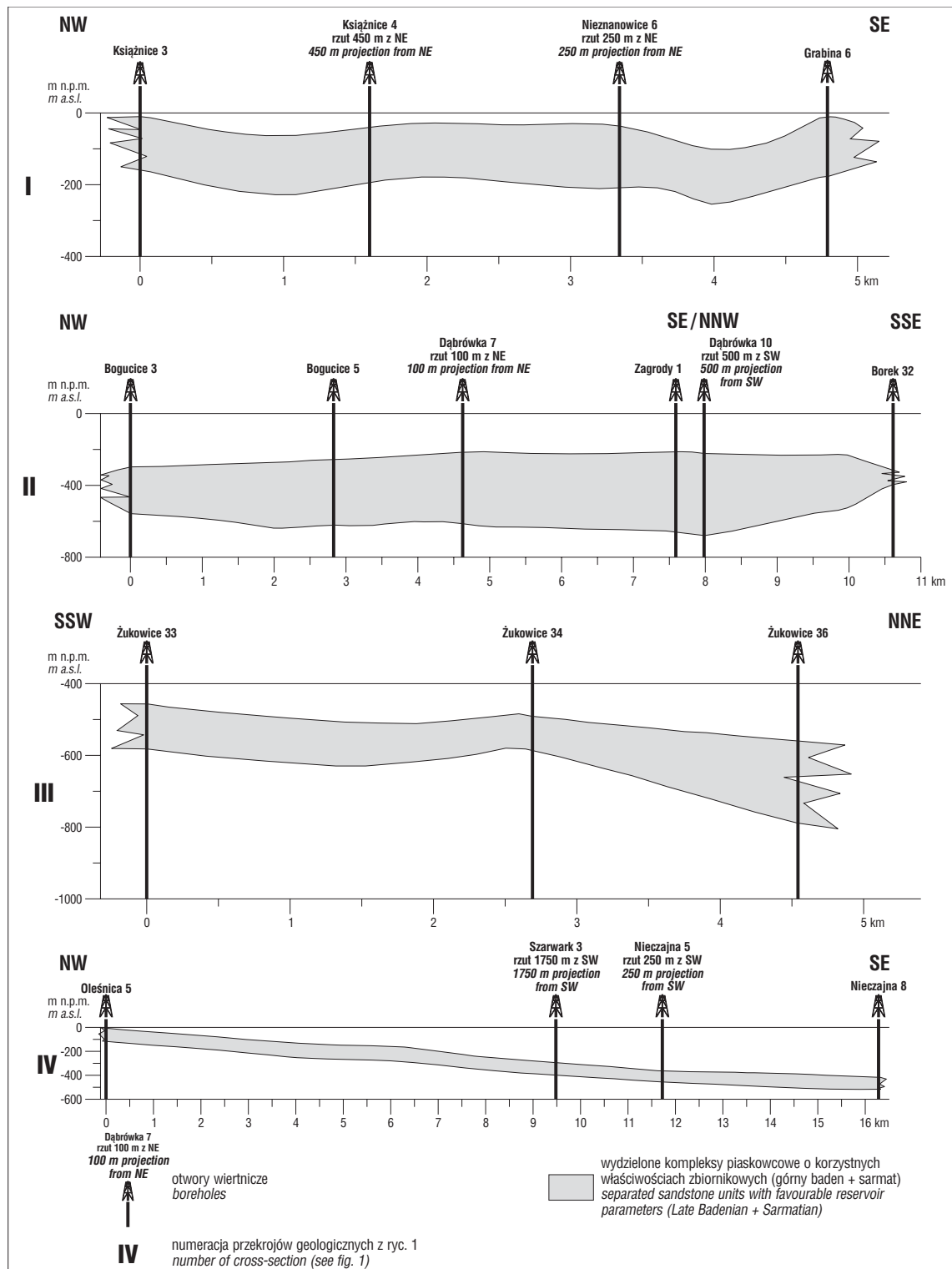
\*samowypływ (*free-outflow*), \*temperatury oszacowane (*estimated temperatures*),

\*\*\*założone schłodzenie do +5°C (*assumed cooling to +5°C*)

głównie płytkomorskie utwory delt i delt stożkowych o ograniczonym zasięgu i zmiennej geometrii (Jawor, 1999).

Regionalny obszar o korzystnych parametrach zbiornikowych stanowi brzeżna strefa nasunięcia karpackiego i jego przedpole, gdzie odkryto również większość miocennskich złóż gazu (ryc.1). Porowatość efektywna piaszczystych osadów nadewaporatowych wynosi najczęściej 4–8%, choć sporadycznie notowano również war-

tości ok. 30% w rejonie Dąbrówka–Zagrody (tab.1). Przepuszczalności średnie tych utworów zwykle wynoszą kilka mD, a najwyższą wartość przepuszczalności 785 mD stwierdzono w otworze Dąbrówka 7 w spągowej części kompleksu piaszczystego (przy wysokiej średniej ok. 200 mD). Piaszczyste kompleksy zbiornikowe wśród monotonnych serii ilastych charakteryzują się miąższościami w zakresie od 100 do 400 m i średnim zasięgiem ok. 10 km. Na



Ryc. 2. Schematyczne przekroje geologiczne wybranych kompleksów piaskowcowych miocenu (wg „Geonafta” Kraków–PGNiG, lokalizacja na ryc. 1)

Fig. 2. Geological cross-sections of selected sandstone aquifers of the Miocene (after “Geonafta” Cracow–OGEC data, Fig. 1)

analizowanym obszarze rozpoznano kilkanaście poziomów zbiornikowych, z których kilka posiada wydajności wód powyżej 20 m<sup>3</sup>/h (ryc. 2). Wysoką wydajność wód 57 m<sup>3</sup>/h stwierdzono w otworze Żukowice 8 (tab. 1, ryc. 2), jednak jest to wartość sumaryczna, dotycząca dwóch odizolowanych kompleksów piaskowcowych (poziom 780–800 m, wydajność 30 m<sup>3</sup>/h, mineralizacja 8 g/l; poziom 1100–1150 m, wydajność 27 m<sup>3</sup>/h, mineralizacja 85 g/l). Maksymalną wydajność z tych utworów uzyskano jednak w peryferyjnym otworze Załuże 1, gdzie wypływ solanki wynosił ok. 60 m<sup>3</sup>/h (tab.1; Moryc, 1970b).

Sz szczególnie interesujący jest rejon otworu Zawada 2 i Łękawica 1, ok. 5 km na południowy-wschód od Tarnowa (tab. 1). W otworze Zawada 2 na głębokości 1760 m, w strefie kontaktu baden górny–flisz karpacki uzyskano przyływ wody słodkiej (!) o wydajności 26 m<sup>3</sup>/h (Moryc, 1976). W sąsiednim otworze Łękawica 1, na głębokości 50–300 m (flisz) stwierdzono anomalnie wysoką temperaturę 50°C, co przypuszczalnie związane jest z dopływem wód termalnych z utworów miocenijskich wzdłuż powierzchni dyslokacji lub nasunięć.

Należy zaznaczyć, że w wielu nie wymienionych tu otworach stwierdzano samowypływy wód z utworów miocenijskich jak np. w rejonie Dąbrowy Tarnowskiej, Proszowic i Podborza (Moryc, 1970a, b, 1976), o których brak jest jednak szczegółowych informacji.

Ciśnienia złożowe w zbiorniku miocenijskim mieszczą się w bardzo szerokim interwale wartości: od 18 MPa w rejonie Tarnowa (zwierciadło swobodne na głębokości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów p.p.t.), do ok. 4,0 MPa w okolicach Nieznanowic (zwierciadło swobodne kilka metrów poniżej powierzchni terenu). Zróżnicowanie ciśnień wiąże się bezpośrednio z głębokością zalegania opróbowanych poziomów: w rejonach Tarnowa ok. 1900 m p.p.t. i Nieznanowic 400 m p.p.t.

Wodonośne utwory miocenu występują również w strefie przypowierzchniowej (na głębokości do 150 m), gdzie często stanowią podziemny zbiornik wód pitnych lub wód o znaczeniu leczniczym. W rejonie Krakowa wody miocenijskie eksploatowane są w celach balneologicznych w Krzeszowicach (ujęcia z głębokości kilku metrów, mineralizacja 2,9 g/l), Swoszowicach (wydajności ok. 2 m<sup>3</sup>/h, ujęcie z głębokości ok. 10 m, mineralizacja 0,7 g/l) i w Krakowie (samowypływ ok. 7 m<sup>3</sup>/h z głębokości 32 m, mineralizacja 3 g/l).

Ponadto wody te są eksploatowane w celach pitnych m.in. w rejonach Krakowa (Wieliczka, Bieżanów, Niepołomice), Brzeska (Mokrzyska) i Tarnowa. Wydajności pojedynczych studni w okolicach Krakowa dochodzą do 200 m<sup>3</sup>/h (głębokość ujęć od 20 do 150 m), natomiast współczynnik filtracji utworów miocenu zmienia się od  $7,4 \cdot 10^{-5}$  do  $8,0 \cdot 10^{-5}$  m/s (dane: bank „HYDRO”, PIG). Najwyższy współczynnik filtracji wykazują wodonośne utwory miocenu w rejonie Wieliczki, a wydajności pojedynczych studni dochodzą tu do 170 m<sup>3</sup>/h, przy głębokościach ujęć ok. 30 m.

#### Warunki termiczne zbiornika miocenijskiego

Na obszarze zapadliska przedkarpackiego dane odnośnie temperatur wód i utworów miocenu są nieliczne. Zaledwie w przypadku trzech otworów (tab. 1) dyspono-

wano pomiarami temperatury. Szacuje się, że w strefie na północ od linii nasunięcia Karpat, gdzie piaszczyste utwory miocenu zalegają w interwale głębokościowym: 150–1150 m, wartości temperatur wód i utworów miocenu będą w przedziale od 15 do 30°C.

W rejonie nasunięcia karpackiego zlokalizowano dwie strefy anomalii termicznych. W strefie karpackiej we wspomnianym otworze Łękawica 1 utwory miocenu sfałdowanego nawiercono na głębokości 952 m (pod fliszem), a na głębokości 1558 m utwory miocenu autochtonicznego. Temperatura zmierzona w części stropowej utworów miocenijskich (głębokość 952 m) w strefie kontaktu z fliszem wynosiła 45°C, a następnie wzrastała (!) ku powierzchni (53°C na głębokości 250 m), osiągając ok. 47°C na głębokości 50 m (dane: BG „Geonafra” Oddział Kraków). Brak opróbowania interwału fliszowego nie pozwala na bliższe rozpoznanie charakteru zjawiska jednak wartość zmierzonych temperatur wskazuje na możliwość dopływu np. wzdłuż płaszczyzn nasunięć wód ze strefy kontaktu miocen sfałdowany–miocen autochtoniczny (głębokość ok. 1560 m, temperatura ok. 57°C), bądź kontaktu miocen autochtoniczny–kreda górna (głębokość ok. 1900 m, temperatura ok. 63°C).

Podobnie unikalna w aspekcie termicznym jest okolica otworu Nieznanowice 3 (tab. 1, ryc. 2). W piaszczystym kompleksie badenu zalegającym w interwale głębokościowym 310–492 m, nad 600 metrową serią ilasto-mułowcowych osadów miocenu, na głębokości 320 m zmierzona temperatura solanki wynosiła 28°C, a na głębokości 440 m — 35°C, co świadczy o dopływie wód z głębszych partii ośrodka skalnego.

Najwyższą temperaturę wód w utworach miocenijskich 58°C stwierdzono w otworze Zawada 2, gdzie ze strefy kontaktu miocen–flisz (głębokość 1770 m) uzyskano przyływ wody słodkiej. Nie jest wykluczone, że jest to woda uwalniana podczas kompaktacji ilów miocenijskich.

W otworze Sufczyn 1 (10 km na wschód od Brzeska), gdzie utwory miocenu osiągają miąższość niemal 1700, na głębokości 1610 m zanotowano również wysoką temperaturę 54°C. Średni gradient geotermiczny dla utworów miocenu wynosi ok. 2,8°C/100 m, ponieważ występują one w interwale głębokości od 10 m do ok. 1700 m.

#### Mineralizacja wód zbiornika miocenijskiego

Mineralizacja wód poziomu nadewaporatowego (baden górny + sarmat) była badana m.in. przez Picha (1978), który stwierdził, że obszar najpłytszego (0–50 m) występowania wód o mineralizacji powyżej 2,0 g/l na obszarze zapadliska przedkarpackiego ciągnie się pasem wzdłuż północnej i północno-wschodniej granicy tej jednostki geologicznej (płytkie występowanie osadów gipsowo-anhydrytowych) oraz przed frontem nasunięcia Karpat, między Krakowem i Dębicą (płytkie zaleganie soli miocenijskich).

Na większości pozostałego obszaru centralnej części zapadliska przedkarpackiego głębokość występowania wód o mineralizacji ponad 2,0 g/l wynosi 50–100 m, a wyraźną anomalię stanowi obszar na linii Tarnów–Dąbrowa Tarnowska, gdzie wody o mineralizacji powyżej 2,0 g/l występują poniżej 300–400 m (strefa wysłodzona). Na głębokości 600–700 m dominują wody o mineralizacji

35–40 g/l, a w strefie przykarpaccich złóż soli kamiennej między Dębicą a Bochnią, wody o mineralizacji od 50 do 250 g/l. Występuje tu zdecydowanie jeden typ chemiczny wód: Cl–Ca (wg Sulina). Jedynie w strefie wysłodzenia w rejonie Dąbrowy Tarnowskiej (Żukowice 4 i 8, Nieczajna 2, 5; tab.1) stwierdzono wody typu HCO<sub>3</sub>–Na (Szafer & Wittek, 1963).

W rejonie Bochnia–Gdów mineralizacja wód waha się w dużych granicach od ok. 6,0 g/l do 263 g/l i wszystkie wody są typu Cl–Ca (Nieznanowice 3, Gierczyce 4, Rzeżawa 1, Dąbrówka 2, 3, 7, 19, Zagrody 1; tab. 1) o znacznych ilościach jodu do 100 mg/l.

### Strefy z potencjalnymi możliwościami wykorzystania wód termalnych

Problem określenia rzeczywistych możliwości wykorzystania ciepła wód termalnych z piaskowcowych utworów miocennych wynika przede wszystkim z trudności oceny stabilności wydajności wód wskutek ograniczonego rozmiaru stref zbiornikowych oraz ich hermetyczności (utrudniona wymiana płynów). Może to oznaczać konieczność powtórnego zatłaczania wykorzystanej wody złożowej nawet w przypadku eksploatacji wody słodkiej

Wskazane jest zatem opracowanie takiego modelu eksploatacji złoża aby uniknąć jego wychłodzenia oraz spadku wydajności.

Wartości mocy termicznych odwiertów, przedstawione w tab. 1, są parametrem służącym do określenia, tzw. zasobów dyspozycyjnych, definiowanych jako ilość możliwej do pozyskania energii geotermalnej w ciągu roku (Górecki, 1995). Zasoby dyspozycyjne stanowią więc w aspekcie ekonomicznego wykorzystania energii geotermalnej bardziej miarodajny parametr aniżeli zasoby statyczne podawane w niektórych publikacjach, m.in. również dla zbiornika miocennego (Makoudi, 1996). Wartości mocy termicznych określone zostały jednak z fragmentarycznych i skąpych danych pomiarowych, gdzie interwał opróbowania kompleksów piaskowcowych miocenu obejmował zaledwie kilkuprocentowy odcinek ich całkowitej miąższości, a więc są to wartości z reguły zaniżone.

Na pewno interesujący jest przedstawiony wyżej rejon otworu Nieznanowice 3, gdzie pomimo niewielkich głębokości zbiornika (ok. 440 m) uzyskano wodę o temperaturze ok. 35°C. Temperatura taka kwalifikuje te wody do bezpośredniego wykorzystania w rekreacji lub w balneologii. Wydajność wód z otworu była co prawda nieduża, lecz opróbowaniu poddano zaledwie 35 metrowy odcinek kompleksu piaskowcowego o całkowitej miąższości 180 m. W niedalekim otworze Gdów 4 (1 km na południowy wschód od Gdowa) na głębokości 740 m uzyskano z kolei samoczynny wypływ solanki w ilości ok. 2 m<sup>3</sup>/h (Moryc, 1976).

Podobnie interesująco przedstawia się strefa na południowy wschód od Tarnowa (otw. Zawada 2, tab. 1), gdzie przyływy wód słodkich (26 m<sup>3</sup>/h) notowano z głębokości 1770 m (temperatura ok. 58°C). Brak informacji odnośnie ciśnień złożowych oraz położenia zwierciadła swobodnego utrudnia jednak ocenę przydatności tej strefy do praktycznego wykorzystania.

W sąsiednim otworze Łekawica 1, na odcinku głębokości od 50 do 300 m rejestrowano niemal stałą temperaturę wynoszącą ok. 50°C, co świadczy o dopływie

(możliwych do wykorzystania) wód migrujących przypuszczalnie z utworów miocenu lub kredy.

Do stref o korzystnych parametrach zbiornikowych oraz wysokich wydajnościach wód z temperaturami 20–25°C należy rejon Dąbrówka–Zagrody (tab. 1, ryc. 1, ok. 10 km na północ od Brzeska), gdzie wody termalne występują w sąsiedztwie licznych tutaj, niedużych złóż gazu (możliwość przejmowania dla celów geotermii zawodnionych otworów kończących eksploatację węglowodorów).

Większość stref wodonośnych miocenu charakteryzuje się niskimi temperaturami wód (do 25°C). Temperatury takie są jednak optymalne z punktu widzenia zastosowania wód jako źródeł energii w systemach pomp ciepła, lub bezpośrednio w ogrodnictwie. Każdorazowo jednak o możliwości wykorzystania energii geotermalnej decyduje charakter potencjalnego odbiorcy warunkujący ekonomiczną efektywność przedsięwzięcia.

### Literatura

- BARAN U. & GIZA M. & JAWOR E. & ŚLIWIŃSKI J. 1999 — Miocenne akumulacje w strefie między Bochnią a Pilzmem. Mat. Konf. „Przemysł naftowy i nauka razem w XX wiek” Karpaccska Konferencja Naukowa; Raba Niżna '99.
- GARLICKI A. 1968 — Autochtoniczna seria solna w miocenie Podkarpacia między Skawiną a Tarnowem. Biul. Inst. Geol., 215: 5–77.
- GÓRECKI W. 1995 — Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim. Towarzystwo Geosynoptyków GEOS, AGH, Kraków.
- JAWOR E. 1970 — Wgłębna budowa geologiczna na wschód od Krakowa. Acta Geol. Pol., 20: 709–762.
- JAWOR E. 1999 — Aktualne spojrzenie na możliwości odkrycia nowych akumulacji węglowodorów w środkowej i zachodniej części Karpat i Przedgórze. Mat. Konf. „Przemysł naftowy i nauka razem w XX wiek” Karpaccska Konferencja Naukowa; Raba Niżna '99.
- KONIOR K. 1978 — Ogólna analiza paleostrukuralna i charakterystyka skał zbiornikowych wypiętrzenia rzeszotarskiego i obszarów sąsiadujących. Komisja Nauk Geologicznych PAN, Kraków. Pr. Geol., 112: 3–63.
- KOTLARCYK J. 1985 — Geotraverse Kraków–Baranów–Rzeszów–Przemysł–Komańcza–Dukla. Guide to excursion 4. XIII Congress Carpatho–Balkan Geological Association, Cracow, Poland: 21–32.
- MAKOUDI S. 1996 — Warunki występowania i ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie tarnowskim. Technika Poszukiwań Geologicznych — Geosynoptyka i Geotermia, 5: 3–18.
- MORYC W. 1970a — Katalog Wierceń Górnictwa Naftowego — Geonafta, t. I, cz. 3.
- MORYC W. 1970b — Katalog Wierceń Górnictwa Naftowego — Geonafta, t. I, cz. 4.
- MORYC W. 1976 — Katalog Wierceń Górnictwa Naftowego — Geonafta, t. I, cz. 5.
- NEY R. 1968 — Rola rygla krakowskiego w geologii zapadliska przedkarpaccskiego i rozmieszczeniu złóż ropy i gazu. Komisja Nauk Geologicznych PAN, Warszawa, Pr. Geol., 45: 1–85.
- NEY R. & BURZEWSKI W. & BACHLEDA T. & GÓRECKI W. & JAKÓBCZAK K. & ŚLUPCZYŃSKI K. 1974 — Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpaccskiego. Komisja Nauk Geologicznych PAN, Warszawa, Pr. Geol., 82: 1–73.
- NEY R. 1976 — The Carpathians and plate tectonics. Pr. Geol., 24: 309–316.
- OSZCZYPKO N. 1981 — Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórze Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadliska przedkarpaccskiego. Biul. Inst. Geol., 325: 5–87.
- OSZCZYPKO N. 1996 — Miocenna dynamika polskiej części zapadliska przedkarpaccskiego. Pr. Geol., 44: 1007–1018.
- OSZCZYPKO N. 1999 — Przebieg miocennej subsydenacji w polskiej części zapadliska przedkarpaccskiego. Pr. Państw. Inst. Geol. „Analiza basenu trzeciorzędowego Podkarpacia”, 168: 209–230.
- PICH J. 1978 — Chemizm wód podziemnych w środkowej części zapadliska przedkarpaccskiego. Biul. Inst. Geol., 312: 129–190.
- PLEWA S. 1994 — Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Wydawnictwo CPPGSMiE, PAN, Kraków: 1–138.
- SZEFER T. & WITTEK K. 1963 — Charakterystyka wód miocennych Przedgórze Karpat. Roczn. Pol. Tow. Geol., 33: 119–128.